咸海变迁
——危机和现状

杨 恕[1]， 孙凌霄[2]， 何 婧[2]， 李春兰[2]， 于 洋[2]
（1. 兰州大学中亚研究所，甘肃 兰州 730000；2. 中国科学院新疆生态与地理研究所，新疆 乌鲁木齐 830011）

摘 要： 咸海曾是世界第4大湖。20世纪60年代开始，由于农业灌溉需求，咸海流域各地区大量从阿姆河和锡尔河调水，从而导致咸海快速缩小、水面降低、水质恶化。到21世纪初，湖面已缩减到原来的1/8，干涸的湖底成为盐碱度很高的盐漠，生物物种大量减少，生态环境恶化造成生态危机。中亚国家独立后，阿姆河与锡尔河上下游地区由于缺水产生了矛盾，进而严重影响了国家之间的关系。虽进行了多次协商，但最终中亚国家未能对咸海水资源危机提出一致的解决方案。随后，哈萨克斯坦独自开展针对咸海的保护措施，挽救了咸海北部的部分水体；乌兹别克斯坦近年来也开始在咸海危机治理方面采取积极态度。目前，学术界主流意见是，咸海危机是人为的，不宜将其与全球气候变化相联系。咸海危机由于治理和地下水的补给有所缓和，虽不会像预测中的那样完全消失，但最终能够恢复到什么程度还有很大的不确定性。本文通过对咸海危机的历史、现状和前景做了较完整的论述，以期为我国西北干旱环境治理提供科学参考。

关 键 词： 咸海；危机；用水矛盾；治理；水资源
文章编号： 1000－6060(2024)02－0181－11(0181～0191)

在亚洲中部地区，沙漠、戈壁、荒漠、草原组成了其地貌的主体，水资源不足是这一地区最主要的自然地理特征。所幸的是，大自然在这里安排了数万个大小不等的湖泊，但近年来由于人类活动的破坏，不少湖泊逐渐缩小，因此造成了严重的生态环境问题，甚至是生态危机，其中最典型的代表就是咸海。它在短短60 a时间里，面积从68000 km^2的世界第4大湖，缩小到8000 km^2左右。本文收集大量文献与信息对咸海这一变化过程做了论述分析，以期说明人类活动对湖泊的破坏以及它所造成的严重后果，希望有更多的人从中汲取经验和教训，使类似的悲剧不再发生，而对干旱地区来说，这一过程的研究尤其重要。

1 咸海变迁的过程

咸海是亚洲中部最大的两条内陆河——阿姆河和锡尔河的终端湖。据研究，咸海的历史已经超过10000 a，而人类对咸海的记载大约是在公元1—2世纪。历史上咸海曾经几次由于阿姆河的改道而干涸，最近一次干涸发生在13—16世纪。如在1573年以前，阿姆河经过已消失的乌兹鲍伊古河道流入里海，而此时图尔盖河是流入咸海的。在16世纪末、17世纪初，由于水面下降，咸海中出现了复活节岛等岛屿。在帝俄征服中亚时期，于19世纪中叶开始对咸海做系统观测，至20世纪中期，咸海的水位、面积、容水量、生物种群和生态环境等都没有发生明显的变化。直至20世纪中叶，这一状况开始改变。

咸海是亚洲中部地区面积缩小或消失的诸多湖泊中最引人注目的一个。因为它的面积在20世纪60年代发生剧烈变化之前曾居世界第4，仅次于里海、苏必利尔湖和维多利亚湖。在20世纪50年

收稿日期： 2023-12-15； **修订日期：** 2024-01-08
基金项目： 新疆维吾尔自治区"天池英才"人才引进计划(E3350107)资助
作者简介： 杨恕(1947-)，男，教授，博士生导师，主要从事中亚地缘政治、国际关系研究. E-mail: yangs@lzu.edu.cn
通讯作者： 孙凌霄(1992-)，女，助理研究员，主要从事干旱区生态环境演变、社会-生态系统恢复力研究. E-mail: sunlx@ms.xjb.ac.cn

代，咸海长426 km，宽284 km，最大深度69 m，面积达68000 km^2[1]，到了60年代，其面积据不同资料有66000 km^2、67300 km^2、68550 km^2、69670 km^2 等[2]。1960年咸海的容水量为1066 km^3，水位有不显著的变化，平均值为53.5 m，最大水深也有多种数据，从66 m到69 m不等。1960年阿姆河与锡尔河入咸海水量为56 km^3，咸海平均盐度为10 $g\cdot L^{-1}$，属于微咸水[3]。湖的西岸主要为乌斯丘尔特台地，湖岸多陡直，而北岸、东岸、南岸平缓，特别是在湖东岸，分布着大量小岛、半岛和水湾，生长着茂密的芦苇、灌木丛和树林，组成了一种多彩的自然景观。阿姆河和锡尔河三角洲是景观的组成部分，这里水草茂盛，遍布沼泽。由于优越的地理环境，咸海地区野生动植物很多，狩猎业、渔业、农业及航运业都较发达。当时咸海周围分布着多所城市和超过 10×10^4 的居民，咸海年捕鱼量达到40000 t。在咸海的哈萨克斯坦部分有5座渔业工厂、1座鱼罐头厂、45个渔业收购点；而在乌兹别克斯坦有5座渔业工厂、1座鱼罐头厂、20个渔业收购点[4]。此外，当时咸海的航运业也有一定程度的发展，如从最北端的阿拉尔斯克到南端的穆伊纳克就有定期航行的客货轮，另外，在咸海岸边还有多个疗养地。

20世纪30年代，苏联开始在两河流域进行大规模的水利建设，当时最大的工程是费尔干纳运河，从锡尔河引水扩大灌溉面积，以提高农业产量。这一过程在20世纪50年代被大大地加强了，标志性的工程是1954年开始的卡拉库姆运河（也称土库曼运河），官方宣布这条运河在1988年最终完工。卡拉库姆运河以130 $m^3\cdot s^{-1}$ 的流量从阿姆河调水，正式完工后总长为1445 km，是世界上最长的以灌溉为主要目的的运河（灌渠）。卡拉库姆运河最大宽度为200 m，最大水深7.5 m，其中有450 km可以通航，年均调水量12~13 km^3（设计引水能力为19 $km^3\cdot a^{-1}$，约占阿姆河水量的45%，达到了阿姆河和锡尔河入咸海水量总值的1/4）。另一个大型工程是位于乌兹别克斯坦卡尔申草原的卡尔申灌渠，总长290 km，每年从阿姆河引水3.30~5.25 km^3；阿姆河20世纪70—80年代修建的水库总容量达到53.8 km^3，锡尔河上的几个水库总容量达21.3 km^3[5]。咸海流域运河和灌渠的总长度达 7×10^5 km，它们分流的水量仅有少量用于工业和民用，主要消耗于农业，其中约1/3被蒸发和渗漏了，造成巨大的浪费[6]。大量渗漏是由于修建运河及灌渠时，很少使用混凝土衬砌技术，且几乎全部是无覆盖的，如果现在改用混凝土衬砌等技术重修，其费用中亚国家难以承担。

由于当时大规模的农田水利建设而超负荷调用阿姆河和锡尔河河水，使其汇入咸海水量逐年减少，同时改变了咸海的水生态环境。1974年锡尔河已没有稳定的水量进入咸海，而阿姆河在20世纪80年代也基本停止向咸海输水，这使湖面迅速缩减，大面积干涸的湖底变成含盐度很高的沙漠——盐漠，并起名为阿拉尔库姆，2019年其面积约为 5×10^7 hm^2[7]。毗邻咸海地区，包括乌兹别克斯坦的卡拉卡尔帕克地区和与其连接的哈萨克斯坦领土，变成了生态灾害地带。1989年由于水面下降，咸海分成了两部分，即北部的小海（也称北咸海）和南部的大海（也称南咸海）。由于戈尔巴乔夫的“透明”政策，舆论开始披露咸海严重的生态环境问题，这使广大公众意识到，另一个生态环境危机在咸海出现了。2003年大海又分成了东西两部分（也称“东海”和“西海”）。2005年哈萨克斯坦在意识到整体拯救咸海无望的情况下，在原先连接北咸海和南咸海的别尔格峡，也就是锡尔河入咸海口偏南点的地方修建了一座长约13 km、宽100~150 m的水坝——科克阿拉尔水坝，使北咸海向南咸海的水流减少，但流入大海的水在临近水坝、已近消失的一片湖底，也就是在小海与大海之间的位置上又集聚起了一个浅水湖，称为中央海[8]。2014年夏天，曾是咸海最大部分的“大海”东半部（即东海）完全消失，仅留下长条状的西海，这一状况一直保持到现在。幸运的是西海没有消失，小海也没有消失，这使咸海保留了约1/8，而且这两部分目前的水面高度和面积也基本稳定，这超出了人们原先咸海将消失的预想。小海的留存主要是人为的原因，而大海的部分存在是由于邻近区域地下水的补给，而不是地表水的增加。地下水补给是在2007年由俄罗斯科学院海洋研究所研究人员为主的科学家发现的。据各种评价，地下水每年约向大海输入 2×10^9 m^3 的水，使咸海的这一部分得以维持下来。据美国国家宇航局Landsat 4-5 TM Collection 2 Level-2以及Landsat 8-9 OLI/TIRS Collection 2 Level-2卫星数据影像产品显示，从20世纪末至21世纪初咸海水面变化过程显著（图1）。

在咸海这个变化过程中，一系列灾难性的结果

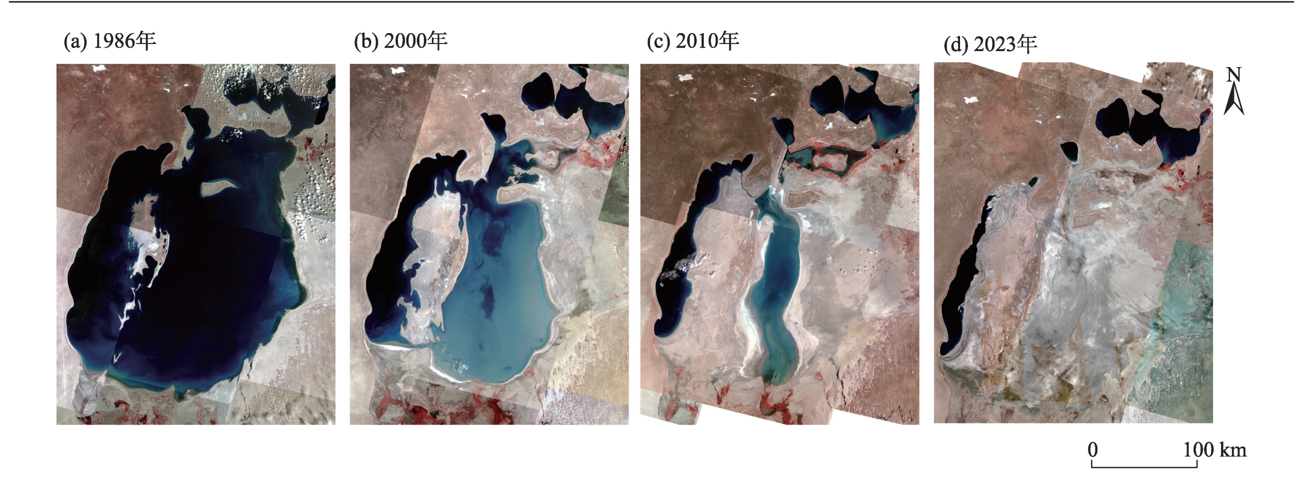


图1 1986—2023年咸海变化过程
Fig. 1 Changes in Aral Sea from 1986 to 2023

迫使人们反思自己的行为,开始考虑危机的治理。

治理的第一步是实行减灾措施。2005年科克阿拉尔水坝建成后,使北咸海向南咸海的水流除盛水期外基本停止,这加快了南咸海的干涸速度,但促使北咸海恢复了生机,北咸海的水面高度也开始提升,在2010年达到了42 m,这比南咸海高出了14 m(比20世纪70年代低11 m),平均深度达到了8 m,并恢复了捕鱼业,目前的年捕鱼量达到6000 t[4]。2012年世界自然基金会根据"国际重要湿地特别是水禽栖息地公约(简称《拉姆萨尔公约》)"把小海和锡尔河三角洲列入世界湿地名录。小海的变化是咸海危机发展的一个可喜的逆过程。之后,哈萨克斯坦又提出了另一个计划,以扩大小海的面积,进一步改善小海的生态环境并增加小海的捕鱼量。具体做法是,在小海东北部的大萨雷沙甘纳克湾与小海连接的水面狭窄处,修建一座萨雷沙甘纳克水坝和船闸,使大萨雷沙甘纳克湾的水位提高并稳定在高于42 m的水平上,同时修建从湖边到阿拉尔斯克的运河,工程完工后,渔船可以从小海南部经过船闸进入大萨雷沙甘纳克湾,再经运河直接到达阿拉尔斯克的渔业加工厂。这个方案的实施需要6~10 a的时间,条件是锡尔河的入水量每年达到3.24 km^3。此方案将进一步改善小海东北部的环境。第2个方案是重建科克阿拉尔水坝,使整个小海的水位提高到48 m。它的条件是锡尔河年入水量达到5.0 km^3,需要17 a的时间;如果入水量达到5.5 km^3,则需要12~13 a[9]。本文认为,这2个方案是比较实际的、可行的,而且一些工作已经在进行,它对锡尔河入水量的要求与现在实际入水量的差距并不大。过去,曾提出过一些拯救咸海的方案,进入实质工作阶段的是苏联时期提出的从托博尔河向咸海流域调水的方案,这个方案有很高的可行性,但由于种种原因,最终没有实行。其他的方案,如从里海调水、从印度河调水等,都是无法实行的幻想。近年来,也有人提出从塔吉克斯坦的萨列兹湖向锡尔河调水的设想。萨列兹湖是在1911年2月因9级强震形成的一个堰塞湖,位于塔吉克斯坦戈尔诺巴达赫尚山区,水深约500 m,水面高度3255 m,容水量约1.70×10^{10} m^3(相当于三峡水库的43%),而且在不断补充,水质良好。由于堰塞坝不牢固,湖又位于地震区,有巨大的潜在危险。其湖水极丰富的水量能引入锡尔河,对缓解咸海危机是很有益处的。同时,也可以降低这个湖发生灾害的可能。据计算,如降低萨列兹湖水面高度70~100 m,可以向咸海放水60×10^8~80×10^8 m^3[4],这一设想的主要障碍是财政和国家关系方面,但这是可以解决的,这是一个上下游国家共同获利的方案,但目前对它的关注不多。

在人类开始纠正自己的错误、努力缓解咸海危机的时候,大自然也出来帮忙。2007年乌斯秋尔特台地向西海有地下水强补给的发现,解释了为什么西海水面缩小的速度比人们预期要小,这无疑是一个积极因素。在保留了小海以后,又出现了保留一部分大海的希望。大自然减轻了人们对咸海消失的忧虑,提高了人们对改善咸海生态环境的预期。但对这一地下水的来源、水量、补给机制等,目前的

研究还不足。

简单概括上述过程：从20世纪60年代初起，咸海水面以每年0.7 m的速度下降，入水量减少到1/4.5，面积缩小到1/8，容水量减少到小于1/13，含盐度提高到13~25倍，这超过了世界海洋平均含盐度的7~11倍，具体情况见表1。2014年大海的水面高度为25.0 m，小海的水面高度是41.9 m；大海的面积是3492 km^2，小海的面积是3197 km^2；大海的容水量是54.72 km^3，小海的容水量是27.00 km^3；大海的平均盐度大于50‰，小海的平均盐度是6~8 $g \cdot L^{-1}$[9]。这里需要指出的是，在咸海干涸的过程中，某些年份的冰川融水量明显增加，延缓了咸海面积缩减的速度，突出的是在2010年，几近干涸的南咸海东部由于丰富的降水而水面明显上升，但这不是一个稳定的趋势，其作用有必要做出深入研究。

基于研究和目前咸海的现状，对咸海的前途也有不同的看法。在20世纪90年代，几乎所有人都认为咸海将消失，但目前更多人认为，咸海不会消失，特别是小海（哈萨克斯坦境内）和西海（主要位于乌兹别克斯坦境内）是可以保留下来的，对本区域研究知名的美国西密西根大学菲利普·米克林和俄罗斯的阿拉丁认为，“如果维持现在的趋势（指地下水、降水和融化水，以及来自小海的水量），那么在一定时期内西海的水位会持续下降，它的面积会缩小，可能会在水深21 m、面积2560 km^2的时候稳定下来”[9]，至于大海能恢复到什么程度，目前还难以断言。而俄罗斯科学院海洋研究所副所长彼得·扎维雅洛夫在接受《俄罗斯报》采访时表示：研究所从2002年开始对咸海进行常态考察。据研究，咸海在历史上曾发生4次海退，最后1次是在伊凡雷帝时期——而现在是第5次，也是最大的1次。考古发现，在海退前15~20 m的水面下有不大的居民点和生活遗迹。他们认为，这与气候变化周期有关，即使没有大规模的调水，咸海水面也会下降，只不过这个过程要慢得多。扎维雅洛夫认为，在可预见的未来，西海（大海）不会完全消失，但最大水深不会达到20 m左右，可能会减少到1/2或1/3[10]。

在改变咸海危机状态方面，哈萨克斯坦贡献最多，小海就是一个很好的例子，但其他国家所作不多，它们很少使用节水技术，减少的灌溉用水量不多。咸海变化的一些主要水文指标如表1所示（主要数据在2015年以后变化不大）。

表1 咸海水文指标变化

Tab. 1 Changes of hydrological indicators of Aral Sea

年份	指标				
	水面高/m	容水量/m^3	水面面积/km^2	矿化度/‰	入水量/$km^3 \cdot a^{-1}$
1960	53.40	1083.00	689000.00	9.90	63.00
1984	–	–	599000.00	–	–
1990	38.24	323.00	368000.00	29.00	12.50
2001	–	–	280000.00	–	–
2003	31.00	112.80	18240.00	78.00	3.20
2004	–	–	17200.00	91.00	–
2007	–	75.00	14183.00	100.00	–
2008	–	–	10579.00	–	–
2009	–	–	8157.00	–	–
2010	–	–	13836.00	–	–
2011	–	–	9275.00	–	–
2012	–	–	8958.00	–	–
2013	–	–	9155.00	–	–
2014	–	–	7297.00	–	–
2015	–	–	8303.00	–	–

除了表1列出的咸海地理-水文指标变化之外，咸海及周边的生物种群情况也发生了很大的变化。例如，锡尔河下游筑巢鸟类从173种减少到38种，鸟类整体从319种减到168种，哺乳动物从70种减到30种。由于滨咸海地区泛滥地森林的枯萎，在576种高等植物中，有54种面临灭绝的威胁，其中有多个地方种和濒危种。根据夏季的野外观测，咸海（不包括小海）中的地方种淡-咸水动物群已灭绝[6]。

咸海危机是一个以水生态环境为核心的大区域环境变化，它造成了多方面的灾难性后果，其历史、现状还需要做更深入的研究。

2 咸海变迁的原因

咸海在短短的30 a，由于人类的活动——主要是灌溉，而失去了大部分湖面和水量，使其本身和周边地区的生态环境发生了巨大的变化。咸海的变迁过程是灾难性的，但这个灾难的出现并没有出于人们的预料。当年，从阿姆河和锡尔河大量调取河水的时候，人们已经考虑到了有可能对咸海造成致命的危害，但当时对这一危害的严重程度估计不足。另外，由于历史上阿姆河的改道，咸海从现在的位置曾经消失过几次，后来又自然恢复了（在13世纪初至16世纪下半叶，阿姆河河水曾改道经乌

兹鲍依古河床流进里海，使咸海面积大大缩小），并没有造成严重的后果，所以不少人都认为，再次消失只不过是历史的再现，不必过于担心。他们忽视了历史上咸海的消失是因为河流改道，而现在的消失是因为水量过分消耗，有本质的差别。还有人认为，咸海面积很大，处于干旱地区，蒸腾面积巨大，它每年蒸发5×10^{10} m^3的湖水，与其这样让巨量珍贵的淡水毫无价值地丢失，不如让它发挥作用，用于灌溉以及工业和民用。在这些思想的主导下，从阿姆河及锡尔河调水的工程迅速发展，使两河入咸海水量不断减小，在此过程中，中亚的灌溉面积从1960年的4.5×10^6 hm^2增加到1990年的7.0×10^6 hm^2，增加了56%，其中乌兹别克斯坦和塔吉克斯坦增加1.5倍，哈萨克斯坦1.7倍，土库曼斯坦2.4倍。而同时，阿姆河和锡尔河的入咸海水量也从1960年的63.0 km^3减少到1990年的12.5 km^3，减少了80%，2003年减少到3.2 km^3，之后大致稳定在这一水平上，与1960年相比，减少比例达到94.9%。在灌溉面积扩大的同时，也明显增加了水稻、棉花等高耗水农作物的种植面积，更增加了灌溉水量。例如，乌兹别克斯坦有4.22×10^6 hm^2的灌溉土地，其中超过一半用于棉花种植。乌兹别克斯坦的棉田种植面积尽管很大，但它的单位面积产量很低。根据各种评价，每1 kg籽棉耗水量达到10×10^3~17×10^3 L水，而1 hm^2的棉花产量大概只有700 kg[11]。这样惊人的耗水量和低产出，是世界上唯一的。乌兹别克斯坦一直是世界上主要的棉花出口国，由于棉花生产在其农业和出口中都发挥着重要作用，所以它只是被动地（由于水量不足或土壤农化指标严重恶化等原因）减少了一些棉田的种植。土库曼斯坦的情况与乌兹别克斯坦很类似，只是它的棉花种植没有乌兹别克斯坦那么多，但也曾进入过世界棉花出口前10名之列。

在中亚农业用水中，有一个特殊的情况需要关注：农田在灌溉若干年后造成土壤盐分增加。此时，需要用漫灌的方式使耕地在水中浸泡一些时间以溶解土壤中的盐分，再将含盐度增大的水排出，这种水不仅盐度高，而且含有农药、化肥等残留物，不经净化是不能使用的，唯一的办法，是把它排进沙漠，这种“洗田”需要消耗大量的水。例如，20世纪60年代，由于向沙漠中排水，形成了新的巨大水体，最大的就是萨雷卡梅什湖，位于咸海西南，地跨乌兹别克斯坦和土库曼斯坦。萨雷卡梅什湖开始形成于20世纪60年代，2014年面积为3000 km^2，容水量26 km^3，盐度12~13 $g\cdot L^{-1}$，而且每年以0.5~0.6 $g\cdot L^{-1}$的速度在增加[6]，其面积和容水量已经和小海差不多了。这样的水体在中亚有多个，容水量虽然很大，却无法利用，因为它有高含量的有害物质，不能用于植物生长，也不能发展渔业，即使有少量鱼类可以在其中生存，但因体内含有有害物质而不能食用，实际上，这些水体就是巨大的脏水坑。“洗田”在中亚农业用水中占了不小的量，它对水的消耗和污染非常严重，但可以用现代农业技术改变，遗憾的是这项工作至今基本没有进展。

还有一个需要指出的因素是渗漏。在大量调取阿姆河与锡尔河河水时，修建了规模巨大的灌溉系统，这一系统中长达7×10^5 km的灌渠大都没有采用混凝土衬砌，加之年久失修，渗漏十分严重。有学者估计，80%的水在蒸发和渗漏的过程中无效地丧失了。由于缺乏系统的观测数据，我们怀疑比例是否有这么高，但水的损失量相当大是没有疑问的。另外，中亚国家的人口增长率较高，这也影响到饮用水的增加，城市和工业的发展也在扩大用水量，但这些因素对咸海危机的影响远不如农业用水。

在研究咸海变迁的过程时，对于其发生的原因也在研究。不少学者认为，除前面讲到的因素之外，全球气候变化也是一个重要原因，如前文扎维雅洛夫的意见。与此同时，仍有人认为全球气候变化可使咸海最终干涸。然而，对全球气候变化在此方面所产生的作用究竟有多大，还缺乏基于系统观察数据所进行的分析，也就难以做出准确的评价。目前，全球气候变化对咸海危机造成的影响，提出的原因大致是由于气候变暖，造成整个中亚地区的年均温增加，而引起蒸发量的增加。与此同时，作物生长需求的水量也随之增加，植物需要从土壤中吸收更多的水分，这使灌溉水量的减少受到影响。由于气候变暖，帕米尔和天山地区的冰川融水也在增加，此过程中冰川融水量和大气降水量发生明显的波动，甚至出现严重的干旱，咸海水面积几次较大的变化与此有一定的关系（表1），这种情况也妨碍了节水措施的实施。显然，气候变化的作用并不明显，而且缺乏有说服力的证据和分析。本文认为，至少目前在考虑咸海危机的治理时，不必对气

候全球变化因素多做考虑。

对于影响了阿姆河与锡尔河两河流域所有中亚国家的咸海危机治理来说，流域国家的共同协商与合作无疑是最基本的条件。然而，随着苏联解体、中亚国家独立，水资源问题成为影响国家间关系的一个重要因素，造成了严重矛盾甚至冲突，这反过来又影响到水资源问题的解决，使国家关系和水资源问题陷入了恶性循环。

中亚五国从水文-地理位置上可以分为上游国家吉尔吉斯斯坦和塔吉克斯坦，下游国家哈萨克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦。上游国家对水资源的利用主要是发电，为此修建了多座水电站和水库，而下游国家用水则主要是灌溉，它们修建了上文所说 7×10^5 km河渠中的绝大部分。另外，上下游国家在使用水上有一个时间差：发电的峰值在冬季，因为这时取暖及工业用电量最大；而下游国家用水主要在春夏季植物的生长期。由此引发了一个问题，上游国家需要在春夏季冰川融水和大气降水丰富的时候大量蓄水，以备冬季发电之需，但此时正是下游国家农业用水的峰期，减少放水对下游国家是致命的灾难。上下游国家间协调水和电的关系在苏联时期实行“以水换电”的原则来解决，也就是说，在春夏期间，上游国家从水库大量放水，这会减少库容，影响冬季发电；冬季则由下游国家向上游国家提供电力（包括天然气）以弥补不足，但放水并不需要花钱，而增加供电是有成本的，下游国家的这一部分经济损失由中央政府解决。应该说这个方法是合理的，但也应该看到，这个方法体现了一个深层的原则，即水是要有偿使用的。苏联解体后，水能调节的主体和功能都不存在了，它变成了一对尖锐的矛盾。由于上下游国家水能关系造成的矛盾和冲突，已经成为国家间关系的一个重大问题。另外也要考虑的是，上游国家尽管在河流的控制方面有较多的优势，但下游国家在政治经济各方面却更有优势，这种错位的力量对比也加大了问题解决的困难。事实表明，电水矛盾在苏联解体以后恶化了国家间关系，使原本有可能减轻的危机变得更加难以解决。

阻碍咸海治理的另外一个原因是早期人们没有预想到的：在咸海盆地、包括阿拉尔库姆沙漠中发现了有前景的石油天然气储量。2011年由乌兹别克斯坦、俄罗斯、中国、韩国石油公司组成的财团在咸海地区发现了新的矿产地“西咸海”和6个远景储量构造[12]。另有消息说，咸海盆地的天然气储量达到 1.5×10^{10}~2.5×10^{10} m³，石油储量超过 3×10^7 t[13]。这些油气储量主要分布在乌兹别克斯坦境内，这使它面临一个两难的选择：是耗费巨资治理咸海？还是开发石油天然气以获取巨额外汇？2020年俄罗斯卢克石油公司和乌兹别克斯坦石油天然气公司计划在2020—2022年对咸海水域的资源进行分析，于2022—2024年在挑选出的地段进行地震勘探。另外，“俄罗斯地质”公司（国家控股公司）和“乌兹别克斯坦地球物理”公司签署协议，向乌兹别克斯坦提供地质服务，研究分析咸海水域和毗邻地区的油气前景[14]。对此，可能的选择是：开采油气，以增加的外汇收入来补偿减少棉花种植所造成的出口减少。这样，因棉田减少而增加的入咸海水量，有可能使西咸海的面积有所增加，水位提高，生态环境有所改善。但截至目前，还没有看到乌兹别克斯坦方面的官方计划。另有报道说，哈萨克斯坦境内的咸海盆地也发现了油气，本文认为，哈萨克斯坦的选择不会像乌兹别克斯坦那样难，因为它油气资源丰富，又有小海这一成果，其经济状况和实力也远优于乌兹别克斯坦。

从以上分析可以看到，造成咸海危机出现和发展的原因大致可以分为2个方面：一个方面是危机出现的原因；另一个方面是危机未能制止而持续发展的原因。这2个方面本质上是一致的。

3 咸海变迁的后果

咸海的变化已经成为一场严重的生态危机。联合国秘书长安东尼奥·古特雷斯2017年6月访问乌兹别克斯坦时参观了努库斯，他说，看到世界第4大湖咸海几乎死亡是一个巨大的震撼，这也许是我们这个时代最大的生态灾难。他认为，咸海逐渐消失不是由于气候变化，而是因为对水资源的不当管理[15]。

关于咸海危机所造成的一系列严重的生态环境问题，作者曾发表文章做过介绍[16]，虽然已过去了20 a，但文章是在危机最严重时写的，之后的过程并未发生实质性改变。概括起来大致表现在以下几个方面：

（1）咸海流域水质量严重恶化，地下水位下

降。由于地表水含盐度和有害物质的增加，许多地方的水质已不符合饮用标准，咸海周边的一些城市和居民点只能从外地引水以供生活使用，与此同时，灌溉水的质量也明显下降。

（2）土壤大量盐化。在滨咸海地区、特别是在阿姆河和锡尔河三角洲，由于水矿化度的提高，造成土壤含盐度增加，许多耕地已因无法种植而不得不弃荒，这些盐化土地和干涸的湖底一起形成了大面积的盐漠。

（3）盐尘暴频度和强度增加。咸海地区沙尘暴出现频度较高，由于大面积的盐化土地和含盐度很高的湖底出露，在沙尘暴发生时，地表的盐和有害物质由风卷入大气并随风扩散，它们下落后，对植物和农作物的生长会产生负面影响。由于盐化土地面积的扩大和气候变化，盐尘暴的影响范围在扩大。盐尘暴的频发也提高了大气降水的矿化度，给人及其他生物直接造成伤害。另有资料显示，每年从咸海地区有超过7.5×10^7 t的粉尘和有害盐类被带进大气。咸海的灰尘已经在帕米尔、天山、格陵兰、北极地区的冰川和挪威的森林中测出[17]。

（4）大气温度升高和相对湿度下降。咸海的变化已影响到周围地区的气候。在距湖岸100~150 km的区域内，近年来夏季气温升高了1.5 ℃，相对湿度下降了5%~10%。这种变化主要是由于咸海水面缩小和沙漠化造成的，反过来它又加速了这些过程。这种情况已导致无霜期的缩短和年积温的降低，对农牧业产生更大的危害。

（5）生物物种、种群的减少和改变。受此影响最大的是渔业和狩猎业。小海虽然部分地恢复了捕鱼业，但多个种并未重现，其他水生生物物种也大量减少。茂密的芦苇和灌木丛大片枯死。

（6）灾难也同时降临到人类。由于咸海的干涸，造成5.4×10^4 km^{2}的盐化土地，刮风时带有盐和有害化学物质的尘暴扩散距离达到500 km，大量$NaHCO_3$、$NaCl$、Na_2SO_4等被带入空气，使当地居民受到各种疾病的折磨：呼吸道疾病、贫血、喉癌、食管癌、消化功能紊乱、肝脏和肾脏疾病以及眼病的发病率也明显提高。咸海地区各种疾病的发病率急剧上升、出生率下降、婴儿死亡率上升，加上社会保障水平低、失业率增加等，迫使大批居民迁往他乡，成为生态移民。

咸海危机发生后，相关国家和国际社会都给予了极大的关注。本文从中亚国家和国际2个层面概述这个问题。中亚国家独立后，延续了苏联对咸海问题的关注，独立不久，就在1992年2月18日于阿拉木图签署了《关于在共同管理与保护跨境水资源领域合作的协议》（即《阿拉木图协议》，成立了“国家间水利协调委员会”），这成为中亚五国协调解决咸海问题的法律基础。1994年中亚国家元首通过了第1个《咸海流域规划》，该规划是在世界银行、联合国开发计划署、联合国环境规划署的参与下制定的。规划分2个阶段，总计划投资5.3×10^8~7.8×10^8 USD，这个规划标志着对咸海开始进行有计划的治理。2003年8月28日，确定了第2个《咸海流域规划》，它是优先改善地区生态和社会经济环境的基本文件。2009年4月28日，国际拯救咸海基金会制定了第3个《咸海流域规划》，它包括了4个方面：水资源综合利用、生态改变、社会经济改变、完善机构-法律机制。这3个规划确定了咸海治理的框架。在此框架内，还设立了一系列的项目，重要的如：《水资源和环境管理项目》，总投资2150×10^4 USD，参与投资者除中亚五国外，还有全球生态基金会、荷兰和瑞典政府、欧盟，《调整锡尔河河道及保存咸海北部》项目等。前述哈萨克斯坦的工作，主要就是在这些规划和项目下进行的。

此外，中亚国家还召开了一系列会议并签署了文件，基本情况如表2所示。然而遗憾的是，诸多的会议和协议并没有在改善咸海危机方面发挥重要的作用，在这些会议召开和协议签署的过程中，咸海危机也在扩展。突出的例子是，没有一个国家基本执行了所签的协议，也没有一个国家向拯救咸海基金缴纳了自己所应负担的份额。1992—2007年的15 a中，中亚国家大概签署了150个关于水问题的协议，但基本都没有执行。这里有一个特殊的例子是，哈萨克斯坦和吉尔吉斯斯坦之间解决了它们有关楚河和塔拉斯河水能矛盾的问题，但是这个例子并没有影响到阿姆河和锡尔河类似问题的解决。就这些协议而言，也有一个突出的问题——没有关于阿姆河的专门协议，但阿姆河与咸海危机的关联度更高。

协议基本没有执行的原因非常复杂，最主要的是中亚国家的政府缺乏应有的意愿和决心。它们签署条约时，更多的是注意签署条约的行动而不是条约应该执行的内容。另外，在精英阶层中，形成

表2 中亚五国签订关于咸海的主要协议

Tab. 2 Important agreements associated with Aral Sea signed by five Central Asia countries

日期（年-月-日）	签约国	协议名称	流域
1992-02-18	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦	《关于在共同管理与保护跨境水资源领域合作的协议》（即《阿拉木图协议》，成立了“国家间水利协调委员会”）	咸海、阿姆河、锡尔河
1993-03-26	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦	《关于解决咸海及其周边地区危机并保障咸海地区社会经济发展的联合行动的协议》	咸海、阿姆河、锡尔河
1995-03-03	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦	《中亚五国元首关于咸海流域问题跨国委员会执委会实施未来3~5 a改善咸海流域生态状况兼顾地区社会经济发展的行动计划的决议》	咸海、阿姆河、锡尔河
1995-09-20	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦	《努库斯宣言》（即《咸海宣言》）	咸海、阿姆河、锡尔河
1997-02-28	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦	《阿拉木图宣言》	咸海、阿姆河、锡尔河
1998-03-17	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦	《关于在环境保护与合理利用自然资源领域合作的协议》	-
1998-03-17	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦	《关于在锡尔河流域合理利用水资源与能源的合作协议》	锡尔河
1998-03-26	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦	《塔什干宣言》	-
1999-04-09	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦	《关于认可拯救咸海国际基金会及其组织的地位的协议》	咸海、阿姆河、锡尔河
1999-04-09	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦	《阿什哈巴德宣言》	咸海、阿姆河、锡尔河
1999-05-07	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦	《对（关于在锡尔河流域合理利用水资源与能源的合作协议）进行修订并增加附录的协定》	锡尔河
1999-06-17	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦	《关于在水文气象领域合作的协议》	锡尔河
1999-06-17	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、乌兹别克斯坦	《关于中亚能源系统并联运行的协议》	锡尔河
2002-10-06	哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、塔吉克斯坦、土库曼斯坦、乌兹别克斯坦	《中亚国家元首关于2003—2010年就改善咸海流域生态和社会经济状况采取具体行动的决定》（《杜尚别宣言》）	咸海、阿姆河、锡尔河

了诸多政治、经济集团，裙带关系和腐败是他们考虑问题的重要出发点，诸多国家间协议不能执行，是由于这些精英集团担心自身的利益会受到损害。除了前文所述之外，中亚国家间缺乏互信也是一个重要的原因，中亚国家独立初期所引以自豪的穆斯林认同、突厥认同等，都没有发挥积极的作用。在世界全球化的过程中，中亚实际上是一个逆一体化而动的地区。从独立以来30多年的历史和当前的现状看，短期内找到整体解决中亚水资源问题的方法是不可能的，但局部解决是有希望的。吉尔吉斯斯坦和哈萨克斯坦关于楚河和塔拉斯河有关问题的解决，就是一个有说服力的例子。

以咸海危机为代表的中亚水资源问题，引起了世界的广泛关注，特别是欧洲国家的关注。多个国际机构和组织为此设立了专门的项目，如联合国、世界银行、亚洲开发银行、伊斯兰发展银行、欧亚发展银行、联合国开发计划署、联合国欧洲经济委员会、欧洲委员会、阿迦汗基金会、美国国际开发署、德国技术合作署、英国国际发展部、美国国家节能办公室等。这些机构从资金、技术、医疗、服务、生态环境保护、人员培训等方面在水资源领域向中亚国家提供了大量帮助，其中做得最多的是欧盟、德国和俄罗斯。欧盟召开了一系列的重要会议，其中有代表性的是关于水资源的罗马会议，在这个会议的基础上，欧盟和中亚国家签署了中亚环境和水问题的文件，此文件具有战略意义，也说明欧盟在中亚地区合作方面取得了重要的成功。

俄罗斯在解决中亚水资源问题方面也发挥了重要作用，它继承了苏联和帝俄时期对咸海的研究，从20世纪末开始，对咸海做了大量研究。例如，由俄罗斯科学院海洋研究所牵头、俄罗斯基础研究基金会支持的一项研究对咸海、大海部分做了长达10 a的观测分析，从物理、化学和生物方面收集了大量的第一手资料，2011年公布了长达252页的研究

报告《21世纪初的咸海：物理、化学、生物》[3]，此报告是迄今我们看到有关咸海研究内容最丰富的一个。2009年10月12—15日，俄罗斯在圣彼得堡召开了关于咸海问题的国际会议，会议主题是“咸海：过去、现在和未来——咸海研究的2个世纪”。这个会议有相当的代表性，对咸海问题提出了一些具有结论性的意见，集中体现在《关于咸海问题的圣彼得堡宣言》之中，其主要内容大致可以概括为：咸海发生了前所未有的萎缩和盐碱化；灌溉是退化的主导因素，它使用了大大超过可持续发展所能允许的用水量；到目前为止，气候变化并不是咸海危机问题的主要原因；用调水解决问题是不现实的，应提高灌溉水的利用率、采取措施保护和局部恢复咸海的剩余部分；咸海流域国家应合作解决水资源管理的重要问题，包括共同利用水资源和“水电冲突”；解决咸海生态环境问题最重要的措施是广泛引进现代灌溉农业技术和方法，预言咸海死亡还为时过早；应该建立咸海综合生态监测和研究国际委员会。

尽管国际社会对治理咸海危机做出了许多努力，但效果并不尽人意，问题的解决还要靠中亚国家和国际社会的不断努力。需要注意的是，米尔济约耶夫总统执政后，乌兹别克斯坦在咸海危机治理方面的态度有了明显的变化，采取了一系列措施，并使减轻咸海生态危机和该地区社会经济发展成为《乌兹别克斯坦共和国2017—2021年5个优先发展方向行动战略》中优先措施的一部分[17]。2015年9月，在联合国可持续发展峰会上，乌兹别克斯坦提出了在联合国名下建立咸海和滨咸海地区特别信托基金的倡议，为治理咸海危机筹措资金，得到联合国的支持。2017年6月，联合国秘书长古特雷斯在访问咸海地区时，再次确认了这一态度。随后，第73届联合国大会（2017年9月）通过决议设立“联合国滨咸海地区人类安全多伙伴信托基金”[17]。基金的设立，无疑会给咸海危机的治理带来积极而明显的影响。乌兹别克斯坦政府决定每年向基金投入200×10^4 USD[18]，2018年8月24日米尔济约耶夫在国际拯救咸海基金会元首会议上提出了把咸海地区设为生态创新和科技区的建议。2019年10月25日，此建议在由联合国参与的《咸海地区——生态创新和科技区》国际会议（在努库斯召开）上得到专家们的支持。2020年9月23日米尔济约耶夫总统在联合国大会一般性辩论上再次提出该建议。2021年5月18日联合国第75届大会一致通过特别决议，宣布咸海地区为《生态创新和科技区》[19]。

乌兹别克斯坦和联合国的行动为咸海带来了新的希望，但要看到这些措施和投入对咸海危机的消除和地区可持续发展是远远不够的。

4 结 语

咸海问题是亚洲中部诸多湖泊中最有代表性的一个，它有力地说明了人类活动会对自然环境造成严重的损害，而这一损害反过来又威胁了人类自身的生存。在人类和自然的关系上，人不能只考虑自己，必须尊重大自然的规律，否则，迟早会为此付出代价。那种以牺牲环境质量来换取经济发展的做法是非常危险的，它带来的严重后果可能即使付出高昂的代价也无法补偿。

从整体上看，中亚既不缺水也不缺能源，如果中亚国家的领导人具有合作和协调这些问题的意志，咸海问题的解决并不十分困难。但由于缺乏这一点，中亚国家又缺乏相互之间的信任，所以危机的停止还前途未卜。1992年阿拉木图协议没有执行，而且至今为止也没有提出新的想法。随着全球气候的变暖，天山和帕米尔地区的冰川融雪在增加，但同时，作物生长对水的要求也在增加，在此情况下，中亚水能问题的解决可能更加困难。另外也要考虑的是，上下游国家利益的不同和力量对比的错位加大了问题解决的困难。还需看到，国际法在协调跨界河流水量分配的方面所能起到的作用非常有限。1966年8月国际法协会第52次大会通过的《国际河流水利用的赫尔辛基规则》（《赫尔辛基规则》）是国际河流领域的一个最有影响的文件，对各国的水立法和国际法规起到了一定的先导作用，但对水量分配的方法和原则都没有强制性的规定；联合国欧洲经济委员会1992年订立的《跨界水道和国际湖泊保护和利用公约》（即《跨界水道公约》）虽然已允许非欧经委成员成为缔约国，但目前尚未生效，对中亚国家并无约束力。这些条约和协定都只有一些空泛的原则而缺乏有约束力的具体规定。不少学者认为，水的问题并不是最根本的问题，它是可以解决的，但由于其他的原因，使可以解决的问题未能解决，中亚的情况就是一个例子。应该从

咸海危机中汲取教训的，不仅有中亚国家，还有整个世界。

参考文献(References)

[1] Former Aral Sea. March 6, 2017[EB/OL]. [2018-12-20]. https://belok.net/index.php?PHPSESSID=70395p5g2d9g9l6a7obcpu3a20&topic=83873.msg403455#msg403455.

[2] Kurbanbaev E, Artykov O, Kurbanbaev S. The Aral Sea and water policy of the republics of Central Asia[EB/OL]. [2018-12-22]. http://cawater-info.net/library/rus/aral-nukus.pdf.

[3] Zavyalov P O, Arashkevich E G, Bastida, et al. The Aral Sea at the beginning of the 21st century: Physics, biology, chemistry[EB/OL]. [2017-08-01]. http://cawater-info.net/bk/water_land_resources_use/russian_ver/pdf/aralskoe-more-v-nach.21-v.pdf.

[4] Bologov P. Why the largest part of the Aral Sea has completely dried up[EB/OL]. [2018-10-21]. https://republic.ru/posts/45839.

[5] Karakum Canal[EB/OL]. [2018-10-11]. https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/217996.

[6] Causes and consequences of the Aral crisis[EB/OL]. [2017-02-14]. https://www.uefima.ru/nepoznannoe/vozniknovenie-aralskogo-krizisa.html.

[7] The Aral Sea: What is left of it and what is its fate[EB/OL]. [2020-11-28]. https://dzen.ru/a/XzVBhMfs7j687m1X.

[8] Executive directorate of the international fund for saving the Aral Sea in the Republic of Kazakhstan. Aral Sea Basin Programs[EB/OL]. [2018-11-21]. https://kazaral.org/mfsa/pbam/.

[9] Micklin P. Possible future of the Aral Sea and its fauna[J]. Astrakhan Bulletin of Environmental Education, 2016, 36(2): 16-37.

[10] Yurkova A. RG correspondent reached a unique desert in Central Asia[EB/OL]. [2023-02-01]. https://rg.ru/2022/09/19/reg-ufo/korrespondent-rg-dobralas-do-unikalnoj-pustyni-v-srednej-azii.html.

[11] Ashment B. Distribution of water resources in Central Asia: An insoluble problem?[M]. Berlin: Friedrich Ebert Foundation, 2011: 23-45.]

[12] Aral Sea may begin developing hydrocarbon deposits in 2017[EB/OL]. [2018-02-09]. http://ecisnews.ns-master.net/economy/id/1094/.

[13] Chichkin A. Aral region: Hydrocarbon geopolitics[EB/OL]. [2018-02-09]. https://www.ritmeurasia.org/news--2014-09-26--aralskij-region-uglevodorodnaja-geopolitika-14707.

[14] “Rosgeologiya” signed a contract for the provision of services in Uzbekistan[EB/OL]. [2021-07-07]. https://uz.sputniknews.ru/20200612/Shuster-Aralskiy-region-privlekaet-neftegazovykh-investorov-14330826.html.

[15] Secretary-General’s statement following his visit to the Aral Sea [EB/OL]. [2017-12-25]. https://www.un.org/sg/en/content/sg/statement/2017-06-10/secretary-general’s-statement-following-his-visit-aral-sea.

[16] 杨恕, 陈黍. 咸海——危机和前途[J]. 兰州大学学报(社会科学版), 1998, 26(1): 119-126. [Yang Shu, Chen Tao. Aral Sea: Its crisis and future[J]. Journal of Lanzhou University (Social Sciences Edition) , 1998, 26(1): 119-126.]

[17] Aral solution[EB/OL]. [2021-06-27]. https://review.uz/post/aralskoe-reshenie.

[18] A presentation of the fund to assist residents of the Aral Sea region took place at the UN[EB/OL]. [2021-07-31]. https://news.un.org/ru/story/2018/11/1343611.

[19] Aripov E. Uzbekistan has radically changed the ideology of solving the Aral disaster[EB/OL]. [2021-06-25] .https://www.gazeta.uz/ru/2021/05/22/aral/.

Evolution of the Aral Sea: Crisis and present situation

YANG Shu[1], SUN Lingxiao[2], HE Jing[2], LI Chunlan[2], YU Yang[2]

(1. Institute for Central Asian Studies, Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu, China; 2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

Abstract: The Aral Sea was once the fourth largest lake in the world. Since the 1960s, due to the demands of agricultural irrigation, the regions of the Aral Sea basin have diverted a large amount of water from the Amu Darya and Syr Darya rivers, resulting in the rapid shrinkage of the Aral Sea, the reduction of water levels, and also the deterioration of water quality. By the beginning of the 21st century, the lake's surface had shrunk to 1/8 of its original size, and the dried lake bottom had become a salt desert with high salinity. Many biological species decreased and the ecological environment deteriorated, causing an ecological crisis. After the independence of the Central Asian countries, the conflict between the upper and lower parts of the Amu Darya River and Syr Darya River resulted from the lack of water, which seriously affected the relations between these countries. Despite repeated negotiations, the Central Asian countries failed to come up with a common solution to the Aral Sea water crisis. In the absence of regional cooperation, Kazakhstan took independent measures and saved part of the waters of the northern part of Aral Sea. Moreover, Uzbekistan also took a proactive approach to managing the Aral Sea crisis in recent years. The prevailing academic opinion is that the Aral Sea crisis is human-made and that linking it to global climate change is inappropriate. Thus, the Aral Sea crisis, which has been improved because of governance and groundwater recharge, may not disappear as previously predicted and considerable uncertainty remains as to how much it will recover. This study offers a complete discussion of the history, status, and prospects of the Aral Sea crisis to provide a reference for the governance of the arid environment in northwestern China.

Key words: Aral Sea; crisis; water use conflicts; governance; water resources